

INDUSTRIEAUTOMATISIERUNG, EINST UND JETZT:

SOFTWARE-WELT IM WANDEL

Von der produzierenden Industrie wird höchste Flexibilität verlangt, um sich agil und dynamisch auf veränderliche Anforderungen einzustellen. Sie braucht daher Produktionsmittel, deren Automatisierung diese Ziele flexibel und sicher sowie mit hoher Ergonomie unterstützt. Gemeinsam mit der Forderung nach Offenheit und Skalierbarkeit sowie der Konvergenz von IT und OT stärkt das die Bedeutung und Komplexität industrieller Software. Die starren Strukturen der Automatisierungspyramide reichen nicht mehr aus, um diese adäquat darzustellen.

Pyramiden gelten als besonders langlebig. In Mittelamerika, Südeuropa, Nordafrika und China stehen einige davon seit mehreren Jahrtausenden. Nicht ganz so alt ist die Automatisierungspyramide. Sie wird jedoch auch bereits seit mehr als 30 Jahren dazu verwendet, die verschiedenen Verwaltungs-, Leit- und Steuerungsebenen von industriellen Produktionsanlagen darzustellen.

DIE PYRAMIDE ALS ZEITERSCHEINUNG

Menschen können nur das abbilden, was sie kennen. In den 1980er Jahren mit den Bedürfnissen der Großindustrie entworfen, hat die Automatisierungspyramide daher große Ähnlichkeit mit der damals noch typischen Organisation eines Industriebetriebes: Ein streng hierarchischer Aufbau, vom Unternehmensleiter an der Spitze über diverse immer breiter werdende Betriebs- und Prozessleitebenen bis zur Steuerungsebene. Deren Teilnehmer kommunizieren über die Feldebene mit der breiten Basis der ausführenden Organe.

Die Ähnlichkeit mit militärischen Organisationsstrukturen ist nicht zu übersehen, ebenso wenig die strenge Trennung der Leit- und Steuerungsebenen von der Fertigungs- bzw. Prozessebene. Diese befindet sich in vielen

Darstellungen nicht innerhalb, sondern unterhalb und damit außerhalb der Pyramide. Dass die Feldebene in gängigen Definitionen als Schnittstelle zum technischen Produktionsprozess bezeichnet wird, sagt viel. Vor allem darüber, welches Verständnis vor allem ältere Maschinenbau-Ingenieure vom Begriff Technik haben. Manche von ihnen betrachten auch heute noch die Automatisierung und damit die Software getrennt von der Mechanik ihrer Werke.

AUTOMATISIERUNG: BEGRIFF IM WANDEL

Als die Automatisierungspyramide erdacht wurde, war Software in Fabrikhallen noch so gut wie unbekannt. Auch der Begriff Mechatronik war noch nicht erfunden worden. Vor diesem Hintergrund lohnt ein Blick hinter den Begriff Automatisierung, denn darunter verstehen nicht alle dasselbe.

Für die Herstellung komplexer Produkte in hohen Stückzahlen mit großer Effizienz und gleichbleibend guter Qualität sorgte bereits damals der Einsatz von Maschinen für viele Arbeitsschritte. Bis zur Einführung speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) beschränkte sich deren Automatisierung auf die selbsttätige Ausführung stets

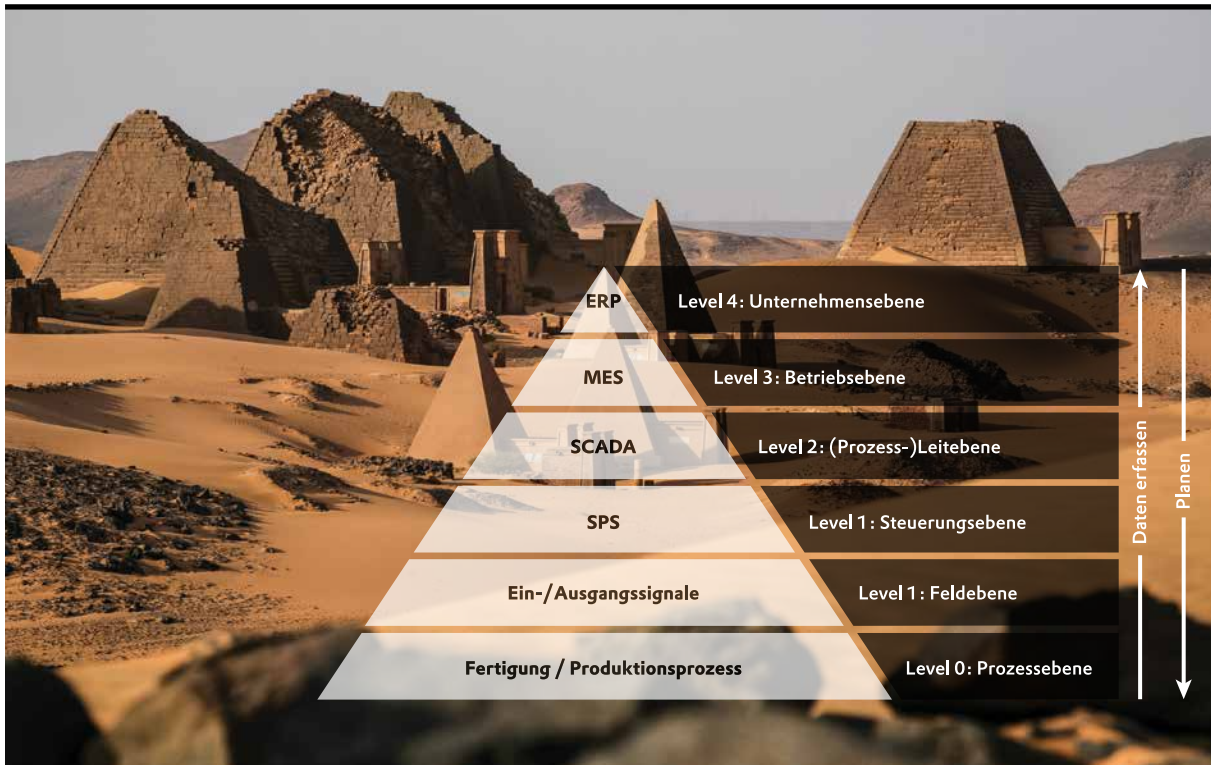


Abbildung 1: Die klassische Automatisierungspyramide wurde vor mehr als 30 Jahren erdacht, als in der industriellen Produktion ein mechanistisches Weltbild vorherrschte und der Begriff Automatisierung noch anders verstanden wurde. So wie diese Steinpyramiden in Meroe hat auch die Automatisierungspyramide ihren Zweck erfüllt und wurde durch zeitgemäßere Architekturen abgelöst.

gleichbleibender, vorbestimmter innerer Abläufe, gesteuert durch hydraulische, pneumatische oder mechanische Mittel wie zum Beispiel Kurvenscheiben.

Im heranbrechenden SPS-Zeitalter waren auch die Programme zunächst nicht mehr als Listen von Anweisungen, wie die Ausgangssignale der Reihe nach zu setzen sind, um Aktuatoren wie Ventile, Magnete oder Elektromotoren anzusteuern. Die 1974 vorgestellte erste SPS des europäischen Marktführers konnte maximal 4.096 Befehle abarbeiten, streng sequenziell, also hintereinander. Die Programmierer mussten sich eine gänzlich neue Denkweise zulegen, um komplexe Abläufe nicht nur auf ihre natürliche Logik zu reduzieren, sondern auch in sequenzielle Programme zu übersetzen.

Allerdings brachte die SPS-Technik die Möglichkeit, Programme nachträglich zu verändern oder sogar bedarfsabhängig unterschiedliche Programme zu laden, vor allem aber im Betrieb dynamisch auf Eingangssignale aus Sensoren zu reagieren. Das ermöglichte eine automatische Anpassung des Verhaltens von Produktionsmitteln an veränderliche Umgebungsbedingungen.

Diese Fähigkeit macht den Unterschied aus zwischen bloßer Programmierung und echter Softwareentwicklung und in der Auswirkung zwischen bloßer Mechanisierung und echter Automatisierung. Sie schuf die Voraussetzung für das, was heute als Industrie 4.0 bezeichnet wird.

SCHICHTWEISE COMPUTERISIERUNG

Die Leistungsfähigkeit industrietauglicher Steuerungen nahm rapide zu, ebenso die Verfügbarkeit der für die Erfassung, Verarbeitung und Weitergabe von Prozessdaten erforderlichen Peripherie. Mitte der 1980er-Jahre erschienen erste Steuerrechner, deren Architektur dem damals neuen PC-Standard entsprach. Das ließ auf kostengünstige Komponenten aus dem Büro-Massenmarkt hoffen und verringerte den Aufwand für das Schaffen von Verbindungen zwischen den Maschinen und zu anderen Systemen.

Zu diesem Zeitpunkt hatten Computersysteme in anderen Unternehmensbereichen bereits Fuß gefasst. Im administrativen Bereich waren das Systeme für Warenwirtschaft, Buchhaltung und Lohnverrechnung, heute subsummiert unter der Bezeichnung Enterprise Resource Planning (ERP). Die Arbeitsvorbereitung nutzte Manufacturing Execution Systems (MES), um aus den Auftragsdaten sowie Informationen über Eigenschaften und Verfügbarkeiten von Material, Personal, Maschinen und Werkzeugen eine detaillierte Produktionsplanung zu erstellen.

Das Zusammenspiel der Maschinen scheiterte zunächst daran, dass diese als abgeschlossene Einheiten entwickelt wurden. Nicht nur fehlten offene Schnittstellen zwischen ihnen, der Nutzen rechtfertigte in vielen Fällen nicht den Aufwand für die erforderliche Individualprogrammierung. Dennoch war die Vision einer automatisierten Gesamtsteuerung ganzer Produktionsstraßen analog zur

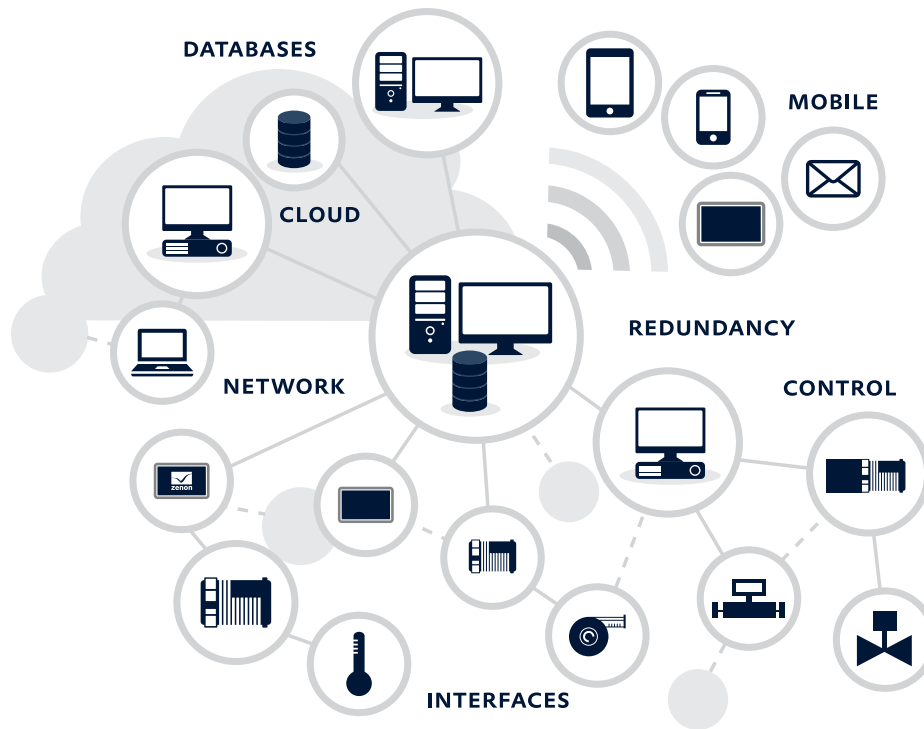


Abbildung 2: Software für die industrielle Automatisierung ergonomisch, offen, flexibel und skalierbar, zugleich aber auch sicher zu gestalten, erfordert individuelle, anpassungsfähige Architekturen.

Prozessindustrie verlockend. Zudem entstanden erste industrietaugliche Bussysteme für den Datentransport.

So entstanden vor über 30 Jahren Leitsysteme für das Steuern und Überwachen von Produktionsprozessen. Die als SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) bezeichneten Systeme bildeten die zentrale Schicht zwischen der Steuerungsebene, mit der sie interagieren wie Dirigenten mit Orchestermusikern, und der Produktionsplanung in der Betriebsleitebene. Mit ihren systemübergreifenden Kommunikations- und Integrationsfähigkeiten vervollständigten Komponenten wie zenon die Automatisierungspyramide.

MIT DEM ESSEN KOMMT DER APPETIT

Zur gleichen Zeit entstand die Idee der Computer-integrierten Produktion (Computer-integrated manufacturing; CIM). Eine einzige, umfassende Softwareausstattung sollte sämtliche Vorgänge in einem Unternehmen steuern, die dabei entstehenden Daten sammeln und diese zu Entscheidungsgrundlagen aufbereiten. Sie sollte die gesamte Automatisierungspyramide abdecken.

Zu unterschiedlich waren jedoch die Kulturen und die datentechnischen Erfordernisse von Verwaltung und Produktion, zu teuer die vollständige Vernetzung sämtlicher Produktionsmittel, zu gering die Kapazitäten damaliger

Systeme. Zudem wäre eine umfassende Software für alle betrieblichen Zwecke ein schwer beherrschbarer Moloch geworden, dessen Bereitstellung aus einer Hand ein unangenehmes Gefühl der Abhängigkeit verursacht hätte.

„Bei der Gründung von COPA-DATA haben wir mit zenon ein System geschaffen, das vom Sensor bis zum ERP-System mit der umgebenden Technik Daten austauschen kann und nicht an die Grenzen strenger Hierarchien gebunden ist“, sagte Thomas Punzenberger, Gründer und CEO von COPA-DATA, anlässlich des 30-Jahr-Jubiläums 2017. „Ohne alles innerhalb eines einzigen Systems lösen zu müssen, schufen wir so einen digitalen Hebel, mit dem Menschen Dinge einfacher erledigen können, als das mit konventionellen Mitteln möglich gewesen wäre.“

VERÄNDERTE VORAUSSETZUNGEN

30 Jahre später stehen Rechenleistung und Speicher heute in beinahe unbegrenzter Menge zur Verfügung, die Kosten dafür sind im Kontext von Maschinen- und Anlagenbau beinahe vernachlässigbar. Die Rechnerarchitekturen zur dezentralen Installation im Feld, einschließlich derjenigen in Bedienkonsolen und Antriebsreglern, im Leitstand, im Serverraum und in der Cloud sind im Grunde dieselben wie im Büro.

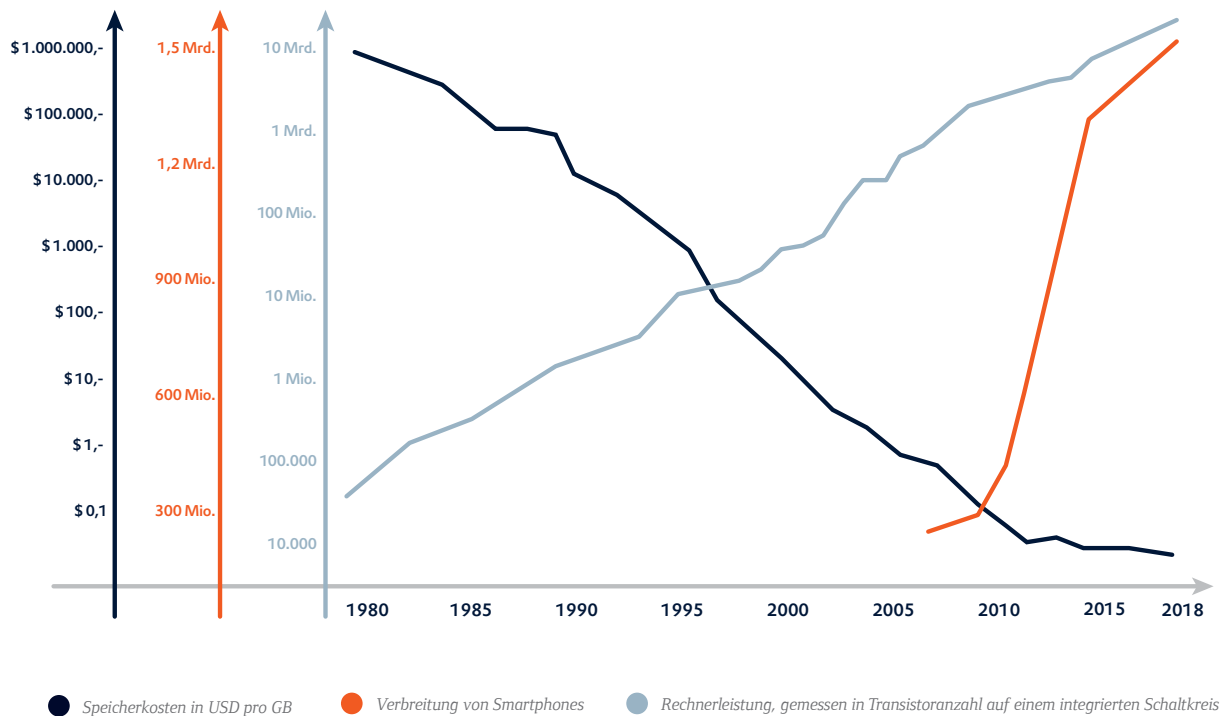


Abbildung 3: Rechenleistung, Speicherkosten und die Nutzung von Smartphones – drei der Faktoren, die unsere Technologieentscheidungen nachhaltig beeinflussen. Quellen: Gartner, IDC, Apple, mcomo.com, ourworldindata.org

Auf Ethernet basierende Feldbussysteme ermöglichen die schnelle Übertragung großer Datenmengen und damit sehr reichhaltiger Informationen. Strukturierte Kommunikationsnetzwerke ermöglichen den Datenaustausch unabhängig von den physikalischen Verbindungen. Ob dieser auf die Werkhalle beschränkt bleibt, andere Teile des Unternehmens einschließt oder die Mechanismen des Internet nutzt, ist nebensächlich geworden.

Zugleich sind Menschen aus allen Berufsgruppen längst daran gewöhnt, in allen Lebenslagen von Computern und Software unterstützt zu werden, und das oft ganz ohne Programmierkenntnisse. Die Altersgruppe bis 35 ist überwiegend bereits im privaten Umfeld damit aufgewachsen, Unter-25-Jährige sind es gewohnt, über mobile Endgeräte ständig vernetzt zu sein und über einfach zu installierende Apps mit der Welt zu interagieren.

UMKEHR DER WELTSICHT

Da Softwarelösungen heute oft mit weniger Aufwand geschaffen und einfacher zur Wirkung gebracht werden können als alles andere, ist es zu einer Umkehr der mechatronischen Weltsicht gekommen. Maschinen- und Anlagenbauer betrachten nicht mehr ausschließlich die Mechanik als zentrales Element.

In der mittlerweile etablierten mechatronischen Betrachtung ist die Funktion zentral. Diese lässt sich – zumindest bis zum Vorliegen gültiger Simulationsergebnisse am digitalen Zwilling – zur Gänze in Software abbilden. Das schließt auch die Sensorik und Aktorik sowie die Mechanik mit ein, die ebenso wie die Steuerungssoftware und parallel zu dieser aus dem Maschinen- oder Anlagenkonzept abgeleitet wird.

Die Neubetrachtung einiger Aspekte des Produktionsprozesses hat zu einem Aufbrechen der etablierten Kategorisierung geführt, sodass die klassische Automatisierungspyramide für die Darstellung der Gesamtautomatisierung nicht mehr passend erscheint.

DIE PYRAMIDE BRÖCKELT

Innerhalb vieler Unternehmen werden die ehemals dicken Mauern zwischen den verschiedenen Fachabteilungen durchlässiger. Der Produktentstehungsprozess wird als übergreifende Aufgabe aufgesetzt. Diese reicht von der Produktidee und -entwicklung über die Entwicklung der Produktionsmittel und die Produktionsplanung bis zur Steuerung der einzelnen Maschinen- oder Anlagenfunktionen. Die Gesamtautomatisierung umfasst daher längst nicht mehr nur die Steuerung der Produktionsmittel, sondern

INDUSTRIELLE SOFTWARE, EINST UND JETZT

Bis zur Einführung speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) beschränkte sich die Automatisierung von Produktionsanlagen auf die selbsttätige Ausführung stets gleichbleibender, vorbestimmter innerer Abläufe.

Die SPS-Technik brachte die Möglichkeit, im Betrieb dynamisch auf Eingangssignale aus Sensoren zu reagieren. Das ermöglichte eine automatische Anpassung des Verhaltens von Produktionsmitteln an veränderliche Umgebungsbedingungen.

Ebenso wenig wie es Albert Einstein oder Stephen Hawking gelang, sämtliche physikalischen Phänomene der Natur in einer gemeinsamen einheitlichen Feldtheorie zusammenzufassen, konnte der CIM-Gedanke einer „Gesamtautomatisierung mit Software aus einer Hand“ erfolgreich sein.

Heute sind Rechenleistung und Speicher beinahe unbegrenzt verfügbar und kein Kostenfaktor mehr. Softwarelösungen können oft mit weniger Aufwand geschaffen und einfacher zur Wirkung gebracht werden als alles andere. Das hat zu einer Umkehr der mechatronischen Weltansicht geführt.

Die Gesamtautomatisierung von Produktionsanlagen umfasst heute auch die Automatisierung von Engineeringaufgaben. Sie erstreckt sich oft über mehrere Standorte und bezieht auch die Energie- und Gebäudetechnik oder die Logistik sowie die Anlagen bei Partnerunternehmen mit ein.

auch die Automatisierung von Engineeringaufgaben. Sie beinhaltet den Informationsübergang zwischen den einzelnen Fachdisziplinen ebenso wie ein effektives Workflow-Management.

Dazu gehört auch die Simulation sowohl der Produkteigenschaften als auch der Produktionsmittel und der tatsächlichen Produktion im Computermodell. Erst wenn sich Konstruktionen und Methoden am digitalen Zwilling bewährt haben, werden sie in der realen Welt angewendet.

Um die Ziele von Industrie 4.0 zu erreichen, braucht es eine Produktion, die sich agil und dynamisch auf veränderte Anforderungen einstellen kann. Um Serienfertigung und ein hohes Maß an Individualisierung auf einen Nenner zu bringen, brauchen die immer komplexeren Produktionsmittel und deren Automatisierungssoftware einen modularen Aufbau mit zunehmend feinerer Granularität. Das gewährleistet ihre weitgehend freizügige Verwendbarkeit und erleichtert analog zu den Plug&Play-Mechanismen moderner Büro-Computerperipherie das dynamische Konfigurieren aufgabenspezifisch zusammengestellter Produktionsmittel.

Um effizient und adaptiv die Umsetzung der Unternehmensstrategie zu unterstützen, benötigen diese eine direkte Einbindung in den gesamten Wertschöpfungsprozess des Unternehmens. Das macht eine Kommunikation aller Teile der Anlagenautomatisierung mit anderen Systemen im Unternehmen auf vielen Ebenen erforderlich und damit ein Hinterfragen der traditionellen Grenzziehungen.

DIE DEMOKRATISIERUNG DER SOFTWARE

Erreicht wird die von den Produktionsanlagen und ihrer Automatisierung verlangte steigende Adaptivität unter anderem durch selbstlernende Mechanismen, die auf veränderliche Betriebsbedingungen reagieren und sich an die tatsächlich erzielte Produktionsgeschwindigkeit anpassen, statt einen starren Takt einzuhalten.

Ungeachtet ihrer Modularität erhalten Produktionsanlagen strukturierte, also für verschiedene Personengruppen individualisierte Eingriffsmöglichkeiten, an allen Stellen des Systems selbst, aber auch von außerhalb. Auch dabei herrscht eine feine Granularität der Aufgaben, von der Datenakquise bis zur nutzerspezifischen Auswertung und Darstellung. Die Unabhängigkeit von der dafür genutzten Hardware durch Verwendung Web-basierter Methoden wird vorausgesetzt, etwa für eine ortsunabhängige Alarmierung. Gleiches gilt für die Möglichkeit, zur Erstellung von Dashboards und Reports auch Softwareprodukte unterschiedlicher Hersteller zusammenwirken zu lassen.

Immer öfter ist auch die Aufzeichnung und Verwaltung aller Betriebsabläufe und der damit verbundenen Daten, auch direkt aus Sensoren, für Zwecke der vorausschauenden Wartung und der Nachweisführung integraler Bestandteil eines Softwaresystems. Zusätzlich erstreckt sich die Gesamtautomatisierung von Produktionsanlagen heute nicht selten über mehrere Standorte und bezieht auch Elemente außerhalb der Maschinen und Anlagen mit ein. Dazu gehören ebenso die Energie- und Gebäudetechnik oder die Logistik sowie die Anlagen bei Partnerunternehmen entlang der Lieferkette.

Industrielle Software ist längst über die engen Begrenzungen der Automatisierungspyramide hinaus gewachsen. „Ergonomisch, offen, flexibel und skalierbar, zugleich aber auch sicher muss heutige Software sein“, sagt Thomas Punzenberger. „Nur so bildet sie die Grundlage für die Schaffung individueller, anpassungsfähiger und daher zukunftssicherer Lösungen für die industrielle Automatisierung.“